

Л. А. Шибека, Н. А. Федченко,  
*Учреждение образования «Белорусский государственный  
технологический университет», Минск, Республика Беларусь*

## **ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ СОЕДИНЕНИЙ ЖЕЛЕЗА С ПОМОЩЬЮ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ**

The article considers features water purification from iron compounds using ground up ion-exchange resins. It is set that most efficiency of cleaning is characterize mixture of the unexhaust ground up cationite and anionite at their mass correlation 4:1.

Изменение климата на планете, наблюдаемое в последнее время, является следствием негативного влияния деятельности человека на компоненты окружающей среды. Изменение климатических характеристик местности наблюдается и на территории Республики Беларусь. Согласно данным [1], средняя температура воздуха по стране за 2015 год была на 2,7 °С выше климатической нормы. Кроме этого, в среднем за год выпало 540 мм осадков, что составило 82 % от климатической нормы. Фиксируемые климатические изменения привели к падению уровня речного стока большинства рек и снижению уровня подземных вод на всей территории республики. Временное сокращение водных ресурсов на отдельных территориях особенно остро было ощутимо в летний период времени в сельской местности, когда осуществлялся массовый полив земельных угодий, занятых для выращивания сельскохозяйственных культур.

Проблема временной нехватки водных ресурсов в рамках ограниченных территорий заставила общество задуматься о необходимости бережного отношения к воде и разумности ее использования для удовлетворения потребностей человека и в его хозяйственной деятельности.

Особенностью использования водных ресурсов Республики Беларусь является широкое применение подземных вод в народном хозяйстве. Согласно [1], по данным за 2015 год на подземные воды приходится 59 % всех добытых в стране пресных вод. Это обусловлено высоким качеством подземных вод. Вместе с тем, согласно проводимым ежегодным исследованиям [1], подземные воды Республики Беларусь характеризуются повышенным содержанием в них

соединений железа, что обусловлено гидрогеологическими особенностями территории.

Цель работы – исследование процессов очистки воды от соединений железа с использованием отработанных ионообменных смол.

Отработанные ионообменные смолы являются отходами производства, образующимися на станциях водоподготовки промышленных предприятий и объектов энергетики (ТЭЦ). В настоящее время данные отходы практически не используются и подвергаются хранению и захоронению. В работе использовали отработанные ионообменные смолы (иониты) марки АВ-17-8 и катионит марки КУ-2-8. В соответствии с классификатором отходов Республики Беларусь [2], отработанные иониты относятся к группе VI «Отходы пластмасс, резиносодержащие отходы», подгруппе А «Затвердевшие отходы пластмасс». Класс опасности данных материалов, в соответствии с [2], следующий: ионообменная смола отработанная марки АВ-17 (код 5712402) – 3 класс опасности; ионообменная смола отработанная марок КУ-28, КУ-2 (код 5712403) – 4 класс опасности. Для анализа полученных в работе результатов исследования проводили также с неотработанными ионообменными смолами указанных марок.

Исследование проводили на модельных растворах в диапазоне концентраций железа в пробе от 20 до 100 мг/дм<sup>3</sup>. Содержание Fe (III) определяли фотоколориметрическим методом с сульфосалициловой кислотой [3]. Концентрация ионообменных смол в растворе была 0,4 г/дм<sup>3</sup>.

Эффективность очистки воды определяли путем расчета коэффициента извлечения (Ки), отражающего количество ионов Fe (III), извлекаемых 1 мг навески смолы. Для увеличения поверхности соприкосновения твердой (ионообменная смола) и жидкой (раствор железа) фаз проводили измельчение ионообменных смол до размеров частиц менее 1 мм. Для повышения эффективности извлечения соединений железа из раствора (за счет образования комплексов с участием функциональных групп катионита (К), анионита (А) и ионов железа) в пробу добавляли ионообменные смолы при массовом

соотношении К:А равном 1:1, 2:1, 3:1 и 4:1. Полученные результаты представлены на рисунках 1 и 2.

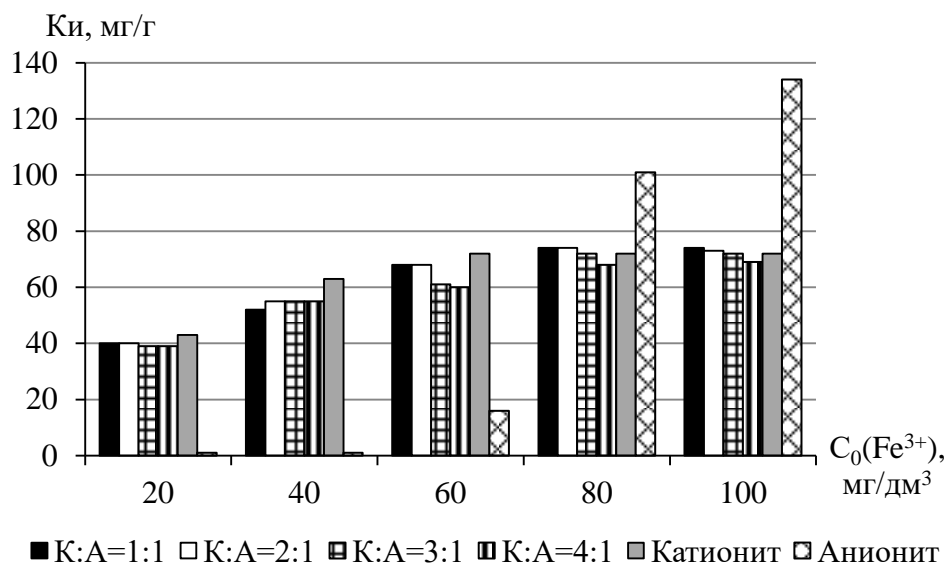


Рис. 1. Коэффициент извлечения соединений железа отработанными измельченными ионообменными смолами

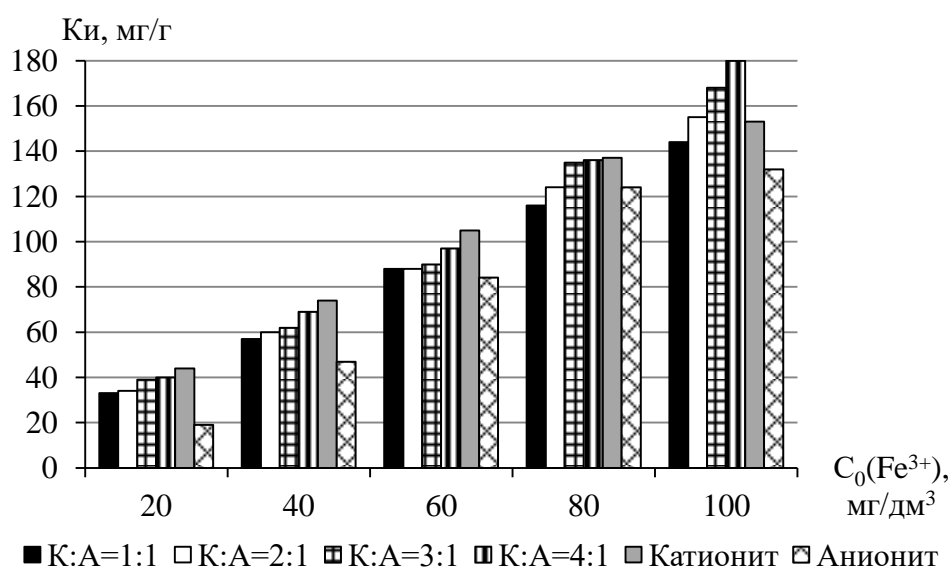


Рис. 2. Коэффициент извлечения соединений железа неотработанными измельченными ионообменными смолами

Из представленных результатов видно, что неотработанные измельченные ионообменные смолы характеризуются большей эффективностью очистки воды от ионов железа по сравнению с отработанными ионитами. Это является логичным, так как количество свободных и способных

к замещению функциональных групп в неотработанных смолах намного больше.

Для всех исследуемых вариантов использования ионообменных смол с ростом концентрации ионов железа в растворе увеличивается степень очистки воды. Наибольшая величина коэффициента извлечения при использовании отработанных ионообменных смол наблюдается при концентрации ионов железа  $100 \text{ мг/дм}^3$  для анионита, которая составляет  $134 \text{ мг/г}$ , наименьшая (при этой же концентрации железа) – для смеси катионита и анионита 4:1 ( $K_i=69 \text{ мг/г}$ ). Высокие значения  $K_i$  при использовании отработанного измельченного анионита, вероятно, обусловлены наличием в нем сложных соединений (например, гуминовых веществ, извлеченных ранее анионитом из природных вод) с функциональными группами, способными взаимодействовать с ионами железа, присутствующими в растворе. Низкая эффективность очистки при применении смесей ионообменных смол, вероятно, обусловлена образованием связей между группами катионита, анионита и соединений, присутствующих в составе данных смол и извлеченных ранее при использовании ионитов на станциях водоподготовки, а не с ионами железа, присутствующими в растворе.

Наилучшие результаты очистки при применении неотработанных ионообменных смол наблюдаются при концентрации ионов железа  $100 \text{ мг/дм}^3$  для смеси катионита и анионита при соотношении 4:1 ( $K_i=180 \text{ мг/г}$ ), наихудшие (при этой же концентрации) – для анионита ( $K_i=132 \text{ мг/г}$ ). Полученные результаты являются закономерными, так как в составе анионита содержится минимальное количество функциональных групп, способных вступать в реакцию ионного обмена с ионами железа, присутствующими в пробе, и основное количество  $\text{Fe (III)}$  из пробы анионитом извлекается сорбционным путем.

Высокие значения  $K_i$  при концентрации ионов железа  $100 \text{ мг/дм}^3$  при использовании смеси катионита и анионита для соотношения К:А равном 4:1 можно объяснить как максимальной долей катионита в смеси рассматриваемых

соотношений ионообменных смол (катионит обладает большим значением  $K_i$ , чем анионит), так и за счет образования сложных комплексов с участием функциональных групп катионита, анионита и ионов железа.

Полученные результаты позволяют говорить о возможности использования измельченных ионообменных смол в процессах доочистки природных вод от ионов железа.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень 2015 года – Минск, 2016. – 323 с.

2. Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 08.11.2007 № 85 «Об утверждении классификатора отходов, образующихся в Республике Беларусь» (ред. от 07.03.2012).

3. Лихачева, А. В. Химия окружающей среды. Лабораторный практикум: учеб. –метод. пособие для студ. / А. В. Лихачева, Л. А. Шибeka. – Минск : БГТУ, 2011. – 204 с.